

مروری بر توانایی‌ها، ملزومات و امکانات مورد نیاز در ماشین‌های خودران

مریم اسدی^{۱*}، عبدالله چاله چاله^۲

۱- مریم اسدی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی، maryam.asadi۹۶۱۳@gmail.com

۲- عبدالله چاله چاله، استادیار، دانشگاه رازی، chalechale@razi.ac.ir

چکیده

یکی از شگفت‌انگیزترین نوآوری‌ها در مدیریت و کنترل ترافیک شهر، استفاده از وسایل نقلیه خودران است. امروزه با توجه به اثرات قابل توجه و مثبت وسایل نقلیه خودران، این فناوری مورد توجه شرکت‌های بزرگ خودروسازی و حتی دولت‌ها قرار گرفته است. خودروی خودران، شامل حسگرها، دوربین‌ها و سایر تجهیزات الکترونیکی است که میزان دخالت انسان در کنترل آن را کمتر می‌کند. در واقع می‌توان گفت که خودروی خودران، نوعی وسیله نقلیه خودکار است که می‌تواند با قابلیت‌های یک خودروی سنتی انسان‌ها را جا به جا کند. خودروهای خودران، از تکنیک‌هایی همچون رادار^۱، لیدار^۲، سامانه موقعیت یابی جغرافیایی^۳ (GPS)، و بینایی رایانه برای درک محیط اطراف خود استفاده می‌کنند. سامانه‌های کنترلی این خودروها اطلاعات به دست آمده را تفسیر می‌کنند و با استفاده از آنها مسیرهای مناسب، موانع و علائم راهنمایی و رانندگی را شناسایی می‌کنند. در این مقاله به جهت اهمیت و کاربردهای خودروهای خودران در دنیای امروز، به بررسی و مرور امکانات و توانایی‌های این خودروها پرداخته ایم.

واژه‌های کلیدی: خودروی خودران، تشخیص علائم ترافیکی، تشخیص مسیر جاده، یادگیری عمیق، شبکه عصبی

۱- مقدمه

از زمان تولید اولین خودرو تا به امروز، تغییرات بسیار زیادی در خودروها بوجود آمده است که باعث بهبود عملکرد آن‌ها شده است. از جمله فرمان خودکار در دهه ۱۹۵۰، کنترل عملکرد و رانندمان موتور در دهه ۱۹۷۰، ترمز ضد قفل^۴ در دهه ۱۹۸۰، کنترل پایداری الکترونیک^۵ (ESC) در دهه ۱۹۹۰ و اولین خودروها با توانایی پارک خودکار در دهه ۲۰۰۰. اما در عمل رانندگی که کار اصلی در یک خودرو است تغییرات زیادی بوجود نیامده است. خودکارسازی عمل رانندگی نیاز به یکسری زیرساخت‌ها دارد که با چالش‌های بسیاری همراه است. از جمله چالش‌های اصلی در سیستم‌های اولیه این بود که چگونه مسئولیت رانندگی بین انسان و خودرو تقسیم شود.

از جمله حوزه‌هایی که فناوری‌های نوین ارتباطی و رباتیک تاثیر زیادی بر آن داشته است، حوزه حمل و نقل می‌باشد. توسعه تکنولوژی‌های جدید در حوزه حمل و نقل منجر به تولید وسایل نقلیه مستقل^۶ (AD) شده است که هدف این نوع وسایل نقلیه کاهش تصادفات، کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی و ترافیک و در عین حال افزایش دسترسی به وسایل حمل

^۱ Radio Detection and Ranging

^۲ Light detection and Ranging (Lidar)

^۳ Global Positioning Systems (GPS)

^۴ ABS

^۵ Electronic Stability Control

^۶ Autonomous Driving

و نقل است. ایده خودروهای خودران از دهه‌ها قبل مورد توجه قرار گرفته است، اما برخی عوامل مانند هزینه‌ی بسیار بالای ساخت این نوع ماشین‌ها مانع از تولید آن‌ها در مقیاس بزرگ شده است.

اولین تلاش‌ها برای ساخت وسایل نقلیه خودران به اوایل دهه ۱۹۲۰ برمی گردد و در دهه ۱۹۸۰، فردی به نام ارنست دیکمانس که یک مهندس آلمانی بود در مونیخ آلمان یک ون را به تعدادی دوربین ویدئویی و پردازنده مجهز کرد تا بتواند به طور خودکار ون را در مسیر جاده نگه دارد. اولین ماشین‌های خودران عمدتاً در آلمان و ایالات متحده از دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ ساخته شدند. با این وجود، تلاش‌ها و تحقیقات بسیاری در دهه اخیر منجر شد تا ایده ماشین‌های خودران به ثمر برسد. یک خودروی خودران، وسیله‌ای است که با کمترین دخالت یا بدون دخالت انسان بتواند حرکت کند. در طی این سال‌ها شرکت‌های بزرگی همچون جنرال موتورز، گوگل، اپل و بسیاری دیگر سعی در ساخت این نوع از وسایل نقلیه را داشتند. در جولای ۲۰۱۵، خودروی گوگل بیش از یک میلیون مایل طی کرد که طی آن فقط ۱۴ حادثه جزئی در جاده‌های عمومی رخ داد. نکته جالب توجه این است که در تعدادی از این حوادث مقصران اصلی خودروهایی بودند که توسط انسان‌ها رانده می شد نه خودران‌ها. با این وجود، اولین حادثه ای که ماشین گوگل در آن مقصر بود، در روز ولنتاین ۲۰۱۶ اتفاق افتاد، زمانی که این خودرو با یک اتوبوس عمومی در شهر کالیفرنیا تصادف کرد. پیش بینی می شود که ماشین‌های خودران حدود ۵۰٪ فروش خودرو، ۳۰٪ وسایل نقلیه و ۴۰٪ کل وسایل نقلیه در سال ۲۰۴۰ را تشکیل دهند [۴-۱].

سازمان ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌های آمریکا^۱ و انجمن مهندسين خودرو^۲ در سال ۲۰۱۶ خودکار بودن خودرو را به صورت ۶ سطح زیر تعریف می کنند:

- سطح صفر (غیر خودران): کنترل خودرو به طور کامل در دست راننده است.
- سطح یک (کمک راننده): در این سطح از سیستم‌های خاص کمک به راننده^۳ استفاده می‌شود. بخش اعظم کار برعهده راننده است و سیستم کامپیوتری فقط توانایی انجام یک کار را در یک زمان مشخص دارد. بسیاری از خودروهای موجود در خیابان‌ها جز این سطح می باشند و دارای سیستم‌های کمک به راننده هستند. مانند کروز کنترل یا ترمز اتوماتیک
- سطح دو (خودران جزئی): در این سطح هنوز به حضور مستمر راننده جهت نظارت بر عملیات نیاز است. خودروها در این سطح می توانند بیش از یک عملکرد را همزمان کنترل کند. مانند هدایت فرمان و ترمز
- سطح سه (خودران شرطی): در این سطح وسیله نقلیه توانایی خودرانی دارد و می تواند بیشتر کارهای رانندگی را تحت شرایط خاصی انجام دهد اما راننده باید هنوز حضور داشته باشد تا در صورت تغییر شرایط، سریع کنترل خودرو را بدست گیرد. مانند خودروهای Tesla که مجهز به فناوری Autopilot هستند
- سطح چهار (خودران بالا): در این سطح خودروها به طور کامل توانایی رانندگی مستقل را دارند اما در برخی موقعیت های اضطراری ممکن است نیاز به دخالت راننده باشد. در این سطح سیستم با هشدار به راننده از او می‌خواهد که کنترل خودرو را در دست گیرد.
- سطح پنج (خودران کامل): خودرو بدون راننده می‌تواند در هر جاده‌ای و تحت هر شرایطی رانندگی کند. و تمام افراد در این خودرو مسافر هستند [۵] و [۶].

در ادامه این مقاله بخش‌های زیر وجود دارد: در بخش دوم به معرفی فناوری‌های مورد نیاز در بخش نرم افزاری و سخت افزاری ماشین‌های خودران پرداخته می‌شود، در بخش سوم مزایا و چالش‌های این نوع از وسایل نقلیه بررسی می‌شوند، در بخش چهارم چند قابلیت ضروری در ماشین‌های خودران معرفی می‌شوند و در بخش پنجم نتیجه گیری بیان می‌شود.

^۱ National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)

^۲ Society of Automotive Engineers (SAE)

^۳ Driver Assistance

۲- مزایا، معایب و چالش های وسایل نقلیه خودران

در این بخش به بررسی مزایا و چالش هایی که برای وسایل نقلیه خودران وجود دارد پرداخته می شود.

۲-۱ مزایای وسایل نقلیه خودران

وسایل نقلیه خودران دارای مزایای قابل توجهی هستند. افزایش استفاده از وسایل نقلیه خودران، مزایای زیر را بوجود آورد:

• بهینه سازی فضای پارکینگ

کاهش فضای فیزیکی مورد نیاز برای پارک خودرو. مسئله پارکینگ نیز تا حد زیادی حل می شود زیرا به اشتراک گذاری خودروها باعث می شود تا خودروها توسط افراد و زمان بیشتری مورد استفاده قرار بگیرند و نیاز به پارکینگ های اضافی از بین می رود، بنابراین فضاهایی که به پارکینگ اختصاص داده می شوند را می توان برای کاربردهای دیگر استفاده کرد [۲].

• کاهش تأثیرات زیست محیطی

وسایل نقلیه خودران، تأثیرات زیست محیطی رانندگی را کاهش می دهند. این نوع اتومبیل ها می توانند شتاب و سرعت خود را بخوبی تنظیم کنند که این امر موجب کاهش مصرف سوخت می شود و در نتیجه منجر به کاهش آلودگی هوا می شود [۷].

• حذف محدودیت ها

افرادی که به سن قانونی نرسیده اند، افراد خیلی مسن، افرادی که گواهی نامه رانندگی ندارند، افراد نابینا، افراد با مشکلات روحی و روانی، افراد مست و یا دارای نقص عضو نیز می توانند از این ماشین ها استفاده کنند. این امر برای جامعه به لحاظ تجاری نیز معقول است چون باعث می شود تعداد افرادی که می توانند خودرو داشته باشند افزایش یابد [۷] و [۸].

• حذف مسافران اضافه

ماشین خودران می تواند بدون نیاز به مسافر به هر کجا که لازم است برود مانند تعمیرگاه [۸].

• صرفه جویی در زمان

براساس تحقیقات انجام شده توسط Bertoncello و wee نتیجه گیری شد که خودروهای خودران می توانند تا حدود ۵۰ دقیقه باعث صرفه جویی در زمان شوند که افراد این زمان را می توانند صرف استراحت، مطالعه و یا حتی کار کنند. از طرفی با توجه به نیاز به اینترنت در این ماشین ها، از این لحاظ هم باعث ایجاد درآمد می شوند. همچنین در سال ۲۰۱۴، Cyagonski و همکاران به این نتیجه رسیدند که استفاده از این ماشین ها باعث ایجاد فرصت های جدید برای مشارکت در سایر فعالیت ها در حین سفر می شود [۹].

• کاهش تصادفات

سالانه چندین هزار نفر در جهان به علت تصادفات کشته و مجروح می شوند، که علت بسیاری از این تصادفات عواملی مانند عدم رعایت فاصله طولی با خودروی جلویی، حواس پرتی، رانندگی در حالت خشم و هیجان، ناتوانی یا مستی است. طبق بررسی ها این تصادفات تنها در آمریکا حدود ۲۵۰ میلیارد دلار هزینه به بار می آورد. نکته قابل توجه این است که بیشتر این حوادث قابل پیشگیری هستند و ماشین خودران می تواند نقش بسیار مهمی در جلوگیری از این حوادث داشته باشد. حدود ۹۰ درصد از تصادفات به علت خطاهای انسانی می باشد و این تکنولوژی می تواند تا ۹۰ درصد باعث کاهش تصادفات شود [۹].

• امکان اشتراک گذاری خودرو

توانایی خودراندگی باعث به اشتراک گذاری وسایل نقلیه بیشتر می شود مانند تاکسی های خودران. Sivak و Schottle تخمین می زنند که با امکان به اشتراک گذاری وسیله نقلیه خودران با دیگران، مثلاً استفاده تمامی اعضای خانواده از یک خودرو برای رفتن به محل کار، که این امر مالکیت وسایل نقلیه را تا ۴۳ درصد کاهش می دهد. هرچند که این کار کارکرد وسیله نقلیه را حدود ۷۵ درصد افزایش می دهد. البته همه افراد با این کار موافق نیستند چون برخی از آن ها مقداری از وسایل خود را به علت رفت و آمدهای زیاد در ماشین نگهداری می کنند [۹].

۲-۲ معایب و چالش‌های ماشین‌های خودران

به رغم مزایای مختلفی که برای این نوع ماشین‌ها وجود دارد، برخی چالش‌های قابل پیش بینی همچنان وجود دارد از جمله:

• امنیت داده‌ها

امنیت سیستم یکی از مسائل مهم در ماشین‌های خودران می باشد. اشخاص غریبه، هکرها و تروریست‌ها می‌توانند کنترل این سیستم‌ها را بدست بگیرند و امنیت افراد را از طریق شناسایی محل‌های اقامت به خطر بیندازند. این افراد می‌توانند به راننده‌ها اطلاعات اشتباه بدهند، خودروها را اشتباهاً جای یکدیگر جا بزنند و یا کل شبکه ارتباطی داده‌ها را مختل کنند. بنابراین برای مقابله با چنین تهدیداتی سیستم‌های امنیتی باید موارد خاصی را در نظر بگیرند مانند تشخیص و تمیز داده‌های واقعی از داده‌های غیر واقعی، شناسایی خودروها از طریق رمزگذاری و طراحی نرم افزارهای ضد نفوذ و اعمال سیاست‌های مشخص امنیتی برای استفاده کاربران [۲].

• ایجاد اعتماد در ماشین‌های خودران

یکی از اهداف ماشین‌های خودران کاهش میزان تصادفات است. ماشین‌های خودران تقریباً پتانسیل از بین بردن حوادث ناشی از بی توجهی رانندگان را دارند. با این حال یک انسان زمانی که در رانندگی کاملاً تمرکز دارد دارای توانایی بالایی برای واکنش نشان دادن به شرایطی است که قبلاً با آن مواجه نشده است. (یعنی می‌تواند در شرایطی هم که قبلاً برایش پیش نیامده است عکس العمل مناسبی داشته باشد). اما این نوع ماشین‌ها به مراتب کمتر قادر به اداره کردن شرایط پیش بینی نشده هستند [۱۰].

- نیاز به پیاده سازی قانونی و ایجاد مقررات دولتی در خصوص مسائل فنی، اجتماعی و حقوقی مرتبط با مسائل کنترل رانندگی برای اتومبیل‌های خودران [۸].
- از دست دادن مشاغل مرتبط با رانندگی [۸].
- از دست دادن حریم خصوصی از طریق به اشتراک گذاری اطلاعات از طریق V۲V (خودرو به خودرو) و V۲I (خودرو به زیرساخت) [۸].
- مشکلات اخلاقی، مربوط به زمانی که در یک تصادف اجتناب‌ناپذیر نرم افزار خودروی خودران مجبور می‌شود بین چند عمل یک اقدام مضر را انجام دهد [۸].
- قابلیت اطمینان نرم افزار [۸].
- حساسیت سیستم ماشین به شرایط مختلف آب و هوا (برف و باران، گرد و غبار، مه) [۸].
- اتومبیل‌های خودران نیاز به نقشه‌های تخصصی با کیفیت بالا دارند. این نقشه‌ها همواره باید بروز باشند [۸].
- نیاز به تغییر در زیرساخت‌های جاده‌ای [۸].

۳- فناوری خودروهای خودران

بینایی ماشین^۱ فناوری کلیدی است که در وسایل نقلیه‌ی خودران استفاده می‌شود. در این وسایل نقلیه از دوربین‌ها، حسگرها و یک رایانه استفاده می‌شود که دائماً در حال بررسی جاده و محیط اطراف است. عملیات پایه در ماشین‌های خودران شامل ثبت تصاویر توسط دوربین، پردازش تصاویر و سپس استخراج اطلاعاتی مانند علائم ترافیکی و موانع موجود در مسیر می باشد.

عملیاتی که ماشین انجام می‌دهد باید براساس قوانین راهنمایی و رانندگی باشد مانند رعایت سرعت و همچنین توانایی این را داشته باشد که در موقعیت‌های خاص عمل مناسب را انجام دهد مانند توقف کامل هنگامی که چراغ سبز است و یک

^۱ Machine Vision

عابر پیاده در تقاطع حضور دارد. کار رانندگی را نرم افزار کنترلی انجام می دهد و دستورالعمل ها را برای دستگاه هایی می فرستد تا کار مورد نیاز برای عمل مورد نظر را انجام دهند. مانند گاز دادن، ترمز کردن یا دور زدن. با این قابلیت ها خودروی کاملاً خودران می تواند با امنیت کامل در کنار دیگر خودروها حرکت کند، عابرین پیاده و موانع را بدرستی تشخیص دهد و عکس العمل مناسب در برابر آن ها داشته باشد و در نهایت به مقصد از پیش تعیین شده برسد. این خودروها مصرف سوخت را بهینه می کنند و به نرمی عمل گاز و ترمز را انجام می دهند. گوگل این قابلیت ها را در خودروی تویوتا پریوس^۱ قرار داده و این خودرو با رایانه ها، حسگرها، دستگاه های عمل کننده و دیگر فناوری ها مجهز شده؛ این خودرو برای بیش از ۳۰۰۰۰۰ مایل تنها یک تصادف داشته است (که آن تصادف هم به خاطر عامل انسانی بود) [۲].

۳-۱ سنسورها و فناوری های نظارت

برای اینکه یک ماشین خودران بتواند تمام عملیاتی که راننده انسان انجام می دهد، را انجام دهد نیاز به یکسری تجهیزات و فناوری ها دارد. در زیر به معرفی تعدادی از این نیازمندی ها می پردازیم:

• دوربین

از دوربین برای مشاهده محیط اطراف استفاده می شود و فواصل بسیار طولانی را پوشش می دهند. داده های جمع آوری شده توسط دوربین ها باید تفسیر شوند. دوربین ها با توجه به شرایط آب و هوایی نیاز به درجه بندی مداوم دارند. تعداد معقول دوربین در این نوع ماشین ها ۵ عدد است. که سه تا از آن ها در جلوی ماشین و دو تا هم در پشت ماشین نصب می شوند.

• لیدار

لیدار یک فناوری سنجش از راه دور است که با تاباندن لیزر به هدف و تجزیه و تحلیل نور منعکس شده، فاصله تا هدف را محاسبه می کند. یکی از معایب لیدار هزینه بسیار بالای آن است.

• رادار

رادار، از امواج الکترومغناطیسی یا سیگنال های رادیویی برای تعیین فاصله از اهداف در محیط (شبیه به لیدار) و شناسایی خودروهای اطراف استفاده می شود.

• فراصوت

حسگر فراصوت^۲، نوعی حسگر است که با ارسال امواج مافوق صوت اقدام به سنجش فاصله می نماید. این فرکانس ها بالاتر از محدوده شنوایی انسان هستند. این حسگرها اطلاعات با برد کوتاه (۱ تا ۱۰ متر) را فراهم می کنند و هزینه نسبتاً پائینی دارند. حسگرهای فراصوت در سیستم های هشدار دهنده و سیستم های کمکی پارک نقش مهمی دارند.

• مادون قرمز

از حسگرهای مادون قرمز به طور کلی در تشخیص خطوط، عابران و دوچرخه سواران، به ویژه در شب استفاده می شود.

• GPS

GPS از نیازهای ضروری یک ماشین خودران محسوب می شود. بدون وجود سیستم موقعیت یابی، خودروی بدون راننده قادر به حرکت نبوده و نمی تواند مسیر حرکت خود را تعیین کند. سیستم های GPS بر روی سیگنال هایی از مدار ماهواره ای عمل می کنند تا موقعیت خود را در مختصات جهانی مشخص کنند. سپس این مختصات با توپوگرافی شبکه جاده به طور دقیق به منظور تعیین موقعیت خودرو در جاده مورد استفاده قرار می گیرند. مشکل این سیستم داشتن ضریب خطای بسیار اندک (در حد چند سانتی متر) است اما با استفاده از الگوریتم های تصحیح خطای هوشمند، این خطا در هر لحظه تصحیح می گردد تا از بروز تصادف، ترافیک و سد معبر جلوگیری به عمل آید. با کمک این سیستم می توان موقعیت خودرو را در مبدأ، مقصد و مسیر جاده تعیین کرد.

^۱ Toyota Prius

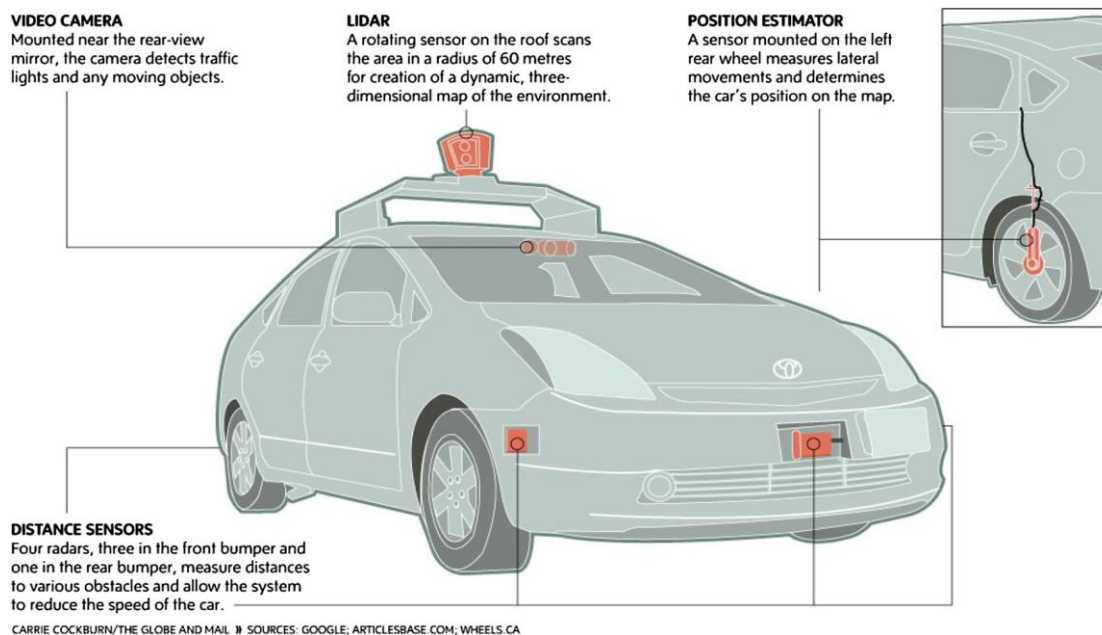
^۲ Ultrasonic

• واحد پردازشگر گرافیک^۱

حجم پردازش بر روی تصاویر و اطلاعات بدست آمده از دوربین ها و سایر تجهیزات بسیار بالاست. بنابراین نیاز به یک سخت افزار قدرتمندی است تا بتواند این حجم از اطلاعات را به صورت موازی پردازش کند. یک جز ضروری در ماشین های خودران، واحد پردازشگر گرافیکی است که با توجه به ماهیت چند هسته ای و پردازش موازی مورد مناسبی برای درک محیط اطراف و انجام پردازش های سنگین است.

• INS^۲

INS یک سیستم ناوبری است که از سنسورهای حرکتی^۳، سنسورهای چرخش^۴ و یک رایانه برای محاسبه مداوم موقعیت، سرعت و جهت گیری (یعنی جهت و سرعت حرکت) یک هدف متحرک بدون نیاز به منابع خارجی محاسبه می کند. یک راه برای کاهش خطاهای GPS استفاده از INS در کنار آن است. شکل ۱ ماشین معمولی مجهز به حسگرها، دوربین و سایر دستگاه ها را نشان می دهد [۳] و [۶].



شکل ۱: فناوری های ارتباطی [۳]

۲-۳ هوش مصنوعی و سیستم نرم افزاری ماشین های خودران

سیستم نرم افزاری ماشین خودران از ۵ جزء اصلی تشکیل شده است:

• زیرسیستم ادراک

^۱ Graphic Processing Unit

^۲ Inertial Navigation System

^۳ Accelerometer

^۴ Gyroscopes

این زیر سیستم وظیفه تشخیص وسایل نقلیه در حال حرکت، شناسایی موانع ایستا در اطراف ماشین همراه با موقعیت محلی ماشین نسبت به جاده را برعهده دارد.

- **زیرسیستم برنامه ریزی ماموریت**

این زیر سیستم در شرایطی که جاده مسدود باشد، بهترین مسیر را از بین دو مسیر موجود بر روی نقشه تعیین می کند.

- **زیر سیستم برنامه ریزی حرکت**

مهمترین عمل در یک ماشین خودران، هدایت آن است که این وظیفه بر عهده زیر سیستم برنامه ریزی حرکت است. این زیر سیستم، تضمین می کند که ماشین با هیچ مانعی برخورد نمی کند.

- **زیر ساخت نرم افزار**

این زیر سیستم امکان برقراری ارتباط با زیر سیستم های دیگر را فراهم می کند. همچنین آزمایش و بررسی تصمیمات اخذ شده در جهت هدایت خودرو را نیز از طریق ثبت اطلاعات و مدیریت پیکربندی برعهده دارد.

- **زیرسیستم رفتاری-استدلال**

وظایف این زیر سیستم عبارتند از: اخذ تصمیمات مهم، استدلال در مورد انتخاب مسیر مناسب در تقاطع ها و مدیریت خودرو در شرایط پیش بینی نشده [۷].

در ماشین های خودران، سه اصل مهم احساس، نقشه برداری و سیاست رانندگی وجود دارد که معمولاً با استفاده از هوش مصنوعی به این سه موضوع پرداخته می شود. در ادامه به طور خلاصه این سه مسئله را بررسی خواهیم نمود.

❖ احساس

انسان براساس سیگنال های دریافتی از مغز یک عمل را انجام می دهد. بنابراین باید در ماشین های خودران، نیز حسگرهایی وجود داشته باشد که با استفاده از آن ها و تجهیزاتی مانند دوربین و رادار، محیط اطراف را بطور کامل مشاهده و درک کنند. اسکنرهای لیزری داده ها را از تمامی این حسگرها دریافت می کنند و با عبور از یک دستگاه محاسباتی بسیار قدرتمند به ساخت یک مدل محیطی اقدام می کنند. که این مدل باید بتواند:

- هر یک از اشیای اطراف ماشین و محل قرار گیری آن ها مانند عابران پیاده، دوچرخه سواران، پیچ جاده، علائم ترافیکی، نمادها، موانع و غیره را تشخیص و شناسایی کند.
- بداند که هر یک از این اشیا چه کاری را انجام می دهند یا در چه وضعیتی هستند.
- توانایی تشخیص اینکه آیا مسیر فعلی یک بزرگراه است یا خیر.



شکل ۲: تشخیص اشیای موجود در جاده توسط ماشین خودران [۱۱].

❖ نقشه برداری

یکی از ملزومات در ماشین‌های خودران استفاده از یک نقشه است. به محض اینکه محل وسیله نقلیه با دقت بسیار بالا در نقشه تعیین شود، توسط حسگرها اطلاعات مسیر جاده، مسیرهای قابل برنامه‌ریزی، محدود کننده‌های مسیر و غیره جمع آوری می‌گردد، اما در مورد مکان سایر وسایل نقلیه اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین، این نقشه‌ها باید به صورت کارآمد و مقرون به صرفه، ایجاد و بروزرسانی شوند. همچنین این نقشه‌ها باید در زمانی بسیار کوتاه واقعیات جاده‌ها را نشان دهند، یعنی اگر تغییری در محیط اعمال شود، نقشه‌ها نیز باید بلافاصله بروزرسانی شوند. نقشه‌های امروزی با چنین سرعتی به‌روز نمی‌شوند. این موضوع منجر به استفاده از انبوه سپاری^۱ برای ساخت نقشه‌ها می‌شود. انجام این کار بسیار مشکل، اما بسیار ضروری است. بدون این نقشه‌های دقیق، نمی‌توان یک ماشین خودران را به‌طور مطمئن به کار انداخت.

❖ سیاست رانندگی

ماشین خودران باید توانایی تشخیص عابر پیاده و سایر اشیای درون مسیر خود را داشته باشد. خودروی خودران نه تنها باید سیاست رانندگی را درک کند بلکه باید واکنش‌ها را نیز تشخیص دهد. این فرایند اصلی برای یک ماشین خودران در زمان ورود به خطوط ترافیکی بسیار ضروری است. سیاست‌های رانندگی یک بحث پیچیده است زیرا وسایل نقلیه خودران باید توانایی درک مواردی همچون "به کدام وسیله نقلیه اجازه حرکت داده شود"، "از کدام وسیله نقلیه فاصله گرفته شود" و "برای رسیدن به مقصد چه مسیری برگزیده شود" را داشته باشد. همچنین نکته‌ای که باید به آن توجه کرد این است که، سیاست رانندگی با توجه به موقعیت مکانی تغییر می‌کند، چرا که ملاحظات ترافیکی از شهری به شهر دیگر متفاوت است و این گونه شرایط نیز باید در ماشین‌های خودران در نظر گرفته شود [۱۱].

۴- قابلیت‌های ماشین خودران

برای اینکه ماشین خودران بتواند مانند ماشین‌های سنتی انسان‌ها را جا به جا کند باید یکسری توانایی‌ها داشته باشد که در این قسمت به چند مورد آن به طور خلاصه اشاره می‌شود:

۴-۱ تشخیص شی

تشخیص اشیاء یک فناوری است که در ارتباط با بینایی کامپیوتر و پردازش تصویر است که با شناسایی نمونه‌هایی از اشیاء از یک کلاس خاص (مانند انسان‌ها، ساختمان‌ها و اتومبیل‌ها) در تصاویر و فیلم‌های دیجیتال مورد بررسی قرار می‌گیرد. در واقع در این فناوری سیستم تصویر را می‌بیند و پس از پردازش روی تصویر، مکان اشیاء، کلاس یا دسته بندی آن‌ها مشخص می‌شود. چندین روش برای تشخیص شی وجود دارد که در ادامه به بررسی چند مورد خواهیم پرداخت:

• روش‌های اولیه و سنتی

در این روش‌ها برای تشخیص اشیاء از رویکردهای ساده‌ای استفاده می‌شود. مثلاً ابتدا تصویر به عنوان ورودی به یک شبکه قطعه بند داده می‌شود سپس، به قطعه بندی اشیاء موجود در تصویر پرداخته و بعد از مشخص شدن محدوده اشیاء در تصویر هر یک به طور جداگانه به یک شبکه دسته بند داده می‌شود تا دسته آن نیز مشخص شود. استفاده از این نوع از روش‌ها زمان بر است، بنابراین برای تشخیص اشیاء به صورت بلادرنگ (مانند ماشین‌های خودران) کارآمد نیستند. روش‌های جست و جوی انتخابی جز این دسته می‌باشند. یک راه برای بهبود عملکرد این نوع از روش‌ها استفاده از روش‌هایی برای سگمنت کردن و تشخیص اشیاء مانند روش ROI Pooling است. که برای سگمنت کردن تصویر ورودی از لایه پیچشی شبکه‌های عمیق استفاده می‌شود.

^۱ Crowdsourcing

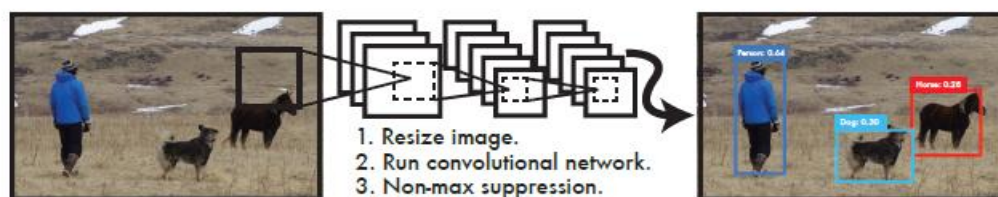
• روش های مدرن و پیشرفته

در روش های جدید به جهت افزایش دقت و سرعت، سیستم تصویر ورودی را فقط یک بار دیده و با استفاده از ترکیب شبکه های عمیق پیچشی و تماما متصل به صورت موازی ویژگی های لازم از تصویر را استخراج و در نهایت عمل دسته بندی انجام می شود. روش هایی مانند SSD و ^۱YOLO جز این دسته قرار دارند [۱۲].

در [۱۳] یک رویکرد جدید برای شناسایی شی پیشنهاد شده که آن را YOLO نامیده اند. در روش های پیشین برای تشخیص شی، از طبقه بندی استفاده می شد. این روش کامل ترین سیستم بلادرنگ در یادگیری عمیق و حل مسائل تشخیص تصویر است. این الگوریتم ابتدا تصویر را به بخش های مختلف تقسیم و هر بخش را علامت گذاری می کند، سپس الگوریتم شناسایی را به صورت موازی برای تمامی این بخش ها اجرا می کند تا مشخص شود هر بخش به کدام دسته تعلق دارد. در روش YOLO کل تصویر در یک لحظه به شبکه عصبی داده می شود و خروجی شبکه احتمال حضور شی در هر یک از قسمت های تصویر محاسبه می شود (تصویر به صورت توری به چندین قسمت تقسیم شده) که با اعمال یک آستانه اشیا موجود شناسایی می شوند که با این روش تعداد شی های موجود در تصویر ورودی که تشخیص داده می شوند می تواند نامحدود باشد.

این معماری یکپارچه بسیار سریع است. YOLO، تصاویر را بصورت بلادرنگ در ۴۵ فریم در ثانیه پردازش می کند. نسخه کوچکتر شبکه، Fast YOLO، ۱۵۵ فریم در ثانیه را پردازش می کند و در عین حال به دو برابر میانگین متوسط دقت^۲ آشکارسازهای بلادرنگ دیگر نیز دست می یابد. از معایب این روش نسبت به سیستم های تشخیص پیشرفته تر، این است که احتمال وجود خطاهای محلی در YOLO بیشتر است، در مقابل احتمال کمتری در پیش بینی های مثبت کاذب وجود دارد. در نهایت، YOLO یک نمایش کلی از اشیا را یاد می گیرد. در واقع این سیستم به جای نگاه کردن به یک تصویر برای هزاران بار، برای تشخیص درست فقط یکبار نگاه می کند. با توجه به سرعت بالای YOLO، امکان پردازش فیلم نیز وجود دارد و می توان تعاملات اشیا درون فیلم را مشاهده کرد. YOLO یک سیستم یابنده اشیا همه منظوره است، بنابراین می توان آن را برای هر حوزه تصویری آموزش داد. از YOLO در یک خودروی خودران برای تشخیص دادن تابلوهای راهنمایی و رانندگی، عابر پیاده و وسایل نقلیه استفاده می شود.

YOLO به طرز شگفت آوری ساده است. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، یک شبکه پیچشی به طور همزمان محدوده ی در برگیرنده اشیا را تشخیص داده و آنها را دسته بندی می کند.



شکل ۳: سیستم تشخیص YOLO. در این سیستم ابتدا تصویر ورودی به 448×448 تغییر داده می شود، سپس یک شبکه پیچشی منفرد بر روی تصویر اجرا می شود و نهایتا مدل مناسب استخراج می گردد [۱۳].

^۱ You Only Look Once

^۲ Mean Average Precision (MAP)

۴-۲ تشخیص علائم راهنمایی و رانندگی

تشخیص علائم ترافیکی در دو حالت اهمیت زیادی دارد: ۱- در وسایل نقلیه هوشمند و نیمه خودکار، که در آنها راننده انسان است و یک سیستم پیشرفته کمک به راننده (ADAS^۱) وجود دارد ۲- برای وسایل نقلیه خودران، که برای این وسایل تمام قوانین ترافیکی که برای انسان در محیط عبور و مرور وجود دارد، صدق می‌کند. در هر دو حالت نیاز به سیستم‌هایی است که بتوانند به طور خودکار عمل "تشخیص و خواندن" علائم راهنمایی و رانندگی را شناسایی کنند. هدف از شناسایی علائم ترافیکی افزایش ایمنی با توجه به وسایل نقلیه موجود در محیط‌های ساختاری (خیابان‌های شهری یا جاده‌ها / بزرگراه‌ها) با توجه به قوانین ترافیکی است [۱۴].

در روش [۱۴]، تشخیص و شناسایی ساختارهای سه بعدی و طبقه بندی علائم ترافیکی براساس یک روش استخراج ویژگی جدید و با استفاده از یک روش یادگیری عمیق انجام می‌شود. از سیستم پیشنهادی می‌توان به عنوان یک سیستم ADAS برای کمک به رانندگان انسان برای افزایش ایمنی و رعایت قوانین ترافیکی در حین رانندگی اتومبیل استفاده کرد. همچنین این سیستم را می‌توان در وسایل نقلیه خودران، برای شناسایی علائم ترافیکی بکار برد، که با توجه به قوانین ترافیکی محلی، امکان تنظیم و کنترل وسایل نقلیه در مسیر را فراهم می‌سازد. این سیستم باید قادر به تشخیص علائم ترافیکی، استفاده از داده‌های سه بعدی در ابر نقاط^۲ و طبقه بندی علائم ترافیکی مختلف (به عنوان مثال حداکثر سرعت مجاز، توقف، کم کردن سرعت، عبور عابر پیاده) و استفاده از داده‌های دوبعدی با در نظر گرفتن رنگ، بافت و شکل باشد. این روش به دقت ۹۷٫۶۴٪ در عملکرد طبقه بندی دوبعدی و دقت ۷۶٪ در کار تشخیص سه بعدی دست یافت. این نتایج با استفاده از آزمایش روی مجموعه داده علائم ترافیکی KITTI Vision Benchmark Suite، و یکی دیگر از مجموعه داده‌های معروف ترافیک، INI (تطبیق نشانه‌های ترافیک آلمان) به دست آمده است.

برای طبقه بندی نوع خاصی از هر علامت ترافیکی (مانند حداکثر سرعت، ایست و غیره)، از بافت و نشانه‌های بصری موجود در سطوح تابلوهای علامت ترافیکی استفاده می‌شود. برای طبقه بندی مناسب، از یک شبکه براساس یادگیری عمیق استفاده شده است که بر روی داده‌های ورودی دوبعدی (تصاویر) اعمال می‌شود. در سیستم توسعه یافته، تصاویر به DCNN^۳ Net که یک شبکه یادگیری عمیق است داده می‌شوند و از TensorFlow، برای طبقه بندی نشانه‌ها استفاده می‌شود.

الگوریتم تشخیص علامت در مکان‌هایی استفاده می‌شود که علائم ترافیکی معمولاً در آن محیط یافت شود (شکل ۴). در شهرها، علائم ترافیکی همیشه در یک محل معین قرار نمی‌گیرد، و همچنین گاهی اوقات چند علامت ترافیکی با همدیگر در یک محل قرار می‌گیرند (مانند تابلو نام خیابان، چراغ‌های راهنمایی و رانندگی یا حتی سایر تابلوهای ترافیکی). برای تشخیص علائم ترافیکی در این حالت یک شبکه عصبی با خروجی باینری برای حالت‌های مختلف آموزش داده می‌شود. برای این کار هر نوع حالتی مدل سازی می‌شود (شکل ۴).

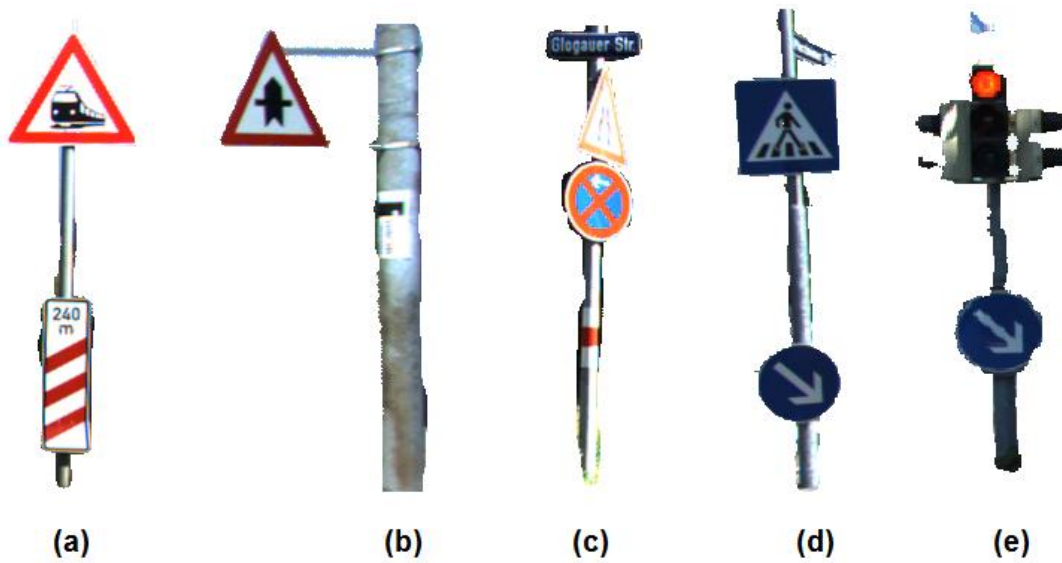
بعد از اینکه شبکه عصبی یک تابلو را در محیط شناسایی کرد، یک طبقه بندی کننده براساس یادگیری عمیق CNN برای طبقه بندی نوع علامت ترافیکی شناسایی شده فعال می‌شود. قدرت تشخیص شبکه‌های عمیق CNN یک مزیت بزرگ است، آن‌ها می‌توانند تصاویر را بسیار خوب تشخیص داده و طبقه بندی کنند [۱۴].

^۱ Advanced Driver-Assistance System

^۲ Point Cloud

^۳ Artificial Neural Networks

^۴ Deep Convolutional Neural Network

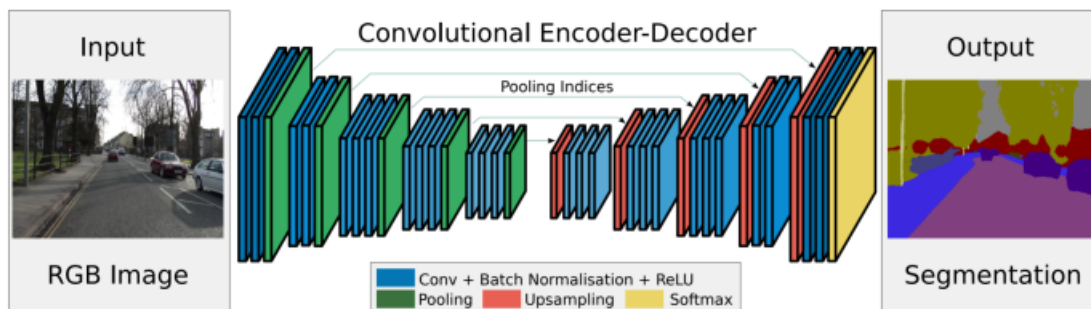


شکل ۴: تشخیص علائم ترافیکی در حالت‌های مختلف. (a) تشخیص بر روی یک تیر فلزی (b) تشخیص بر روی یک تیر بتنی (c) و (d) تشخیص دو تابلوی عبور و مرور بر روی یک ستون (e) شناسایی علامت ترافیکی همراه با یک چراغ راهنمایی و رانندگی [۱۴].

۳-۴ تشخیص مسیر جاده

در [۱۵] روشی برای پیش بینی مسیر در جاده‌ها پیشنهاد شده است. Segnet یک معماری یادگیری عمیق است که برای حل مسائل مربوط به بخش‌بندی تصاویر استفاده می‌شود. این معماری از چندین لایه پردازشی رمزگذار (encoder) و یک سری لایه‌های مقابل به عنوان رمزگشا (decoder) برای مشخص کردن بخش‌های تصاویر تشکیل شده است. یکی از مزیت‌های کلیدی SegNet این است که جزئیات را در تصویر بخش‌بندی شده به خوبی حفظ می‌کند. دلیل این اتفاق این است که شاخص‌هایی که وظیفه جمع‌آوری را در بخش رمزگذار برعهده دارند، به شاخص‌های جمع‌آوری به بخش رمزگشا متصل هستند. در واقع اطلاعات مستقیماً منتقل می‌شوند به جای اینکه به صورت دسته‌جمعی منتقل شوند. SegNet یکی از بهترین مدل‌ها برای حل مشکلات مربوط به بخش‌بندی تصاویر است.

طراحی SegNet، با تقسیم بندی و طبقه بندی صحنه های جاده‌ای برای رانندگی مستقل آغاز شد. SegNet یک معماری متقارن است که شامل یک رمزگذار مبتنی بر شبکه VGG۱۶ است.



شکل ۶: SegNet CNN شامل معماری رمزگذار / رمزگشایی متقارن است [۱۵].

برای پیش بینی مسیری که راننده انسان می تواند در یک محیط بیرون از جاده رانندگی کند، باید ابتدا تصاویر محیط توسط دوربین های نصب شده در جلوی ماشین بدست آیند. برای اینکه یک خودروی خودران بتواند در محیط بیرون از جاده هم حرکت کند پیشنهاد این است که با استفاده از حسگرهای بصری، مسیر حرکت وسیله نقلیه تحت کنترل راننده انسان برچسب گذاری شود و سپس از این داده ها برای آموزش CNN جهت تعیین نقشه مسیر خودروهای خودران استفاده گردد. تصاویر توسط دوربین های Stereoscopic نصب شده بر روی سقف وسیله نقلیه در بیرون از جاده با سرعت ۱۰ فریم در ثانیه گرفته شده است. برای اطمینان از تغییر داده ها، دو مجموعه داده توسط دو دوربین استریو متفاوت (در ابتدا یک دوربین GoPro Hero۴ با پایه استریو ۴۰۰ میلی متری قرار گرفت، سپس یک Carengi Robotics MultiSenseS۲۱ با پایه ۲۱۰ میلی متری قرار گرفت)، جمع آوری شده است. در کل، مجموعه داده شامل تقریباً ۱۰۰۰ تصویر RGB از ابعاد ۵۱۲ × ۲۸۸ همراه با تصاویر واقعی از ابعاد مشابه است. در اینجا از تقسیم ۹۰/۱۰ استفاده شد تا داده ها را به مجموعه های آموزشی و تست تقسیم کنیم.

مزایای روش ذکر شده در بالا عبارتند از:

- این رویکرد مسیر خودرو را به سمت فاصله تعیین شده پیش بینی می کند، در حالی که رویکردهای موجود تنها ورودی های کنترل فوری را در نظر می گیرند.
- این رویکرد به هیچ وسیله نقلیه یا فرمان خاصی وابسته نیست، در حالی که روش های موجود فقط برای وسیله نقلیه مورد استفاده برای تولید داده های آموزشی کاربرد دارد. به عنوان مثال هر چرخش فرمان، در یک وسیله نقلیه ردیابی، نیازمند ورودی های کنترلی مختلف هستند. با حذف پیوند مستقیم بین خروجی CNN و کنترل وسیله نقلیه، می توان گفت، که این رویکرد برای محیط های خارج از جاده مناسب است [۱۵].

۵- نتیجه گیری و کارهای آینده

خودروهای خودران در چند دهه ی اخیر به یک حوزه فعال تحقیقاتی تبدیل شده اند. تلاش های مشترک اخیر دانشگاه ها و تولیدکنندگان، باعث شده است که به تولید خودروهای کاملاً خودران نزدیک شویم. این نوع خودروها با توجه به مزایای زیادی که می توانند به وجود آورند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. از جمله مزایای این نوع ماشین ها می توان به کاهش هزینه حمل و نقل، کاهش آلودگی هوا اشاره کرد. البته برای رسیدن به یک خودروی کاملاً خودران چالش های زیادی مطرح شده است. درک محیط از بزرگترین چالش ها برای رانندگی قابل اعتماد، نرم و ایمن است. همچنین مسائلی مانند پذیرش مشتری، تأثیرات اجتماعی، فناوری های ارتباطی، مسائل اخلاقی، برنامه ریزی، استانداردها و سیاست باید در نظر گرفته شود. چالش های نرم افزاری نیز در ارتباط با خودروهای خودران مانند یکپارچگی و امنیت سیستم وجود دارد.

برای اینکه یک ماشین خودران توانایی این را داشته باشد که انسان از آن همانند وسایل نقلیه سنتی استفاده کند باید یکسری توانایی ها را داشته باشد از جمله اینکه بتواند موانع و علائم ترافیکی را تشخیص دهد و در مقابل آن ها عکس العمل مناسب از خود نشان دهد.

کار آینده ما، کار بر روی تشخیص شی ۲ بعدی با استفاده از الگوریتم های جدید مانند YOLO با هدف تشخیص موانع می باشد.

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند که از کمک خانم بهناز پروانه، دانشجوی دکتری معماری کامپیوتر دانشگاه رازی، که در تهیه این مقاله نویسندگان را یاری کردند، تشکر نمایند.

مراجع

- [۱] Eric R.Teoh, David G.Kidd. Rage against machine? Google's self-driving cars versus human drivers. Journal of safety Research ۶۳; ۵۷-۶۰, ۲۰۱۷
- [۲] نصر، ع.، مجیدفر، ف. آینده پژوهی نوآوری‌های بنیان شکن در بنگاه‌های بزرگ: موردکاوی فناوری‌های خودروهای خودران در صنایع خودروسازی جهان و ایران، پنجمین کنفرانس بین المللی و نهمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری، تهران، ۱۳۹۴.
- [۳] Asadi Bagloee, S, Tavana, M, Asadi, M, Tracey Oliver. Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies, J. Mod. Transport; ۲۴(۴):۲۸۴-۳۰۳, ۲۰۱۶
- [۴] گروهی از نویسندگان- خودران ها- کارنیل، مرکز رایگان کتاب موفقیت
- [۵] E. B. White, In-vehicle and self-driving technologies, Perspectives and Strategies for Promoting Safe Transportation among Older Adults., Elsevier Inc, ۲۰۱۹
- [۶] مصافی، ح.، شرق، م.، حسینی، ف. بررسی نیازمندی‌های سخت افزاری و نرم افزاری در تولید خودروهای خودران، پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی برق و کامپیوتر با تاکید بر دانش بومی ملی مدیریت فناوری، تهران، ۱۳۹۶.
- [۷] Urmson, C William "Red" Whittaker. Self-Driving Cars and the Urban Challenge. Published by the IEEE Computer Society; ۶۶-۶۸, ۲۰۰۸.
- [۸] Dimitrakopoulos, G. Current Technologies in Vehicular Communications, Springer International Publishing AG, ۲۰۱۷
- [۹] Parida, S, Franz, M, Sylvester Abanteriba, Sai Mallavarapu. Autonomous Driving Cars: Future Prospects, Obstacles, User Acceptance and Public Opinion. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature; ۲۰۱۹
- [۱۰] Wagner, M, Koopman. P, A Philosophy for Developing Trust in Self-driving Cars. Springer International Publishing Switzerland, ۲۰۱۵
- [۱۱] <https://blog.faradars.org/everything-about-self-propelled-cars-and-artificial-intelligence>
- [۱۲] <http://blog.class.vision/۱۳۹۷/۱۰/yolo-object-detection/>
- [۱۳] Redmon, J, Divvala, S Girshick, R Farhadi. A, You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, May ۲۰۱۶ (this version, v۵)
- [۱۴] Renan Bruno, D, Daniel Oliva Sales, Jean Amaro, Fernando Santos Osório. Analysis and fusion of ۲D and ۳D images applied for detection and recognition of traffic signs using a new method of features extraction in conjunction with Deep Learning. IEEE, ۲۰۱۸.
- [۱۵] Holder, C. and Breckon, T.P. (۲۰۱۸) 'learning to drive: using visual odometry to bootstrap deep learning for o_road path prediction.' The ۲۹th Intelligent Vehicles Symposium (IEEE IV ۲۰۱۸). Changshu, China, ۲۶-۲۹, ۲۰۱۸.